Maison
Zéro consommation :
Mode d'emploi

Aurélian-Laurent Bellou-Bousselaire
Illustrations : Christelle Parade

Maison Zéro Consommation :

Mode d'emploi

Les éditions du net

70, quai Dion Bouton - 92800 Puteaux

Introduction

Bienvenue dans le monde de l'énergétiquement neutre. Lorsque l'on parle d'un logement énergétiquement neutre, il ne s'agit pas réellement d'une maison autonome bien que l'on puisse penser le contraire mais il s'agit d'une maison dont la dépense énergétique est neutre, c'est-à-dire que l'énergie produite et l'énergie dépensée se compensent sur une année. Selon la région d'habitation, il est difficile voire impossible de se séparer totalement de l'énergie fournie par les réseaux tels que EDF, d'une part car l'énergie n'est que difficilement conservable à longue durée et pour des puissances importantes et d'autre part car certaines régions vont nous permettre de produire beaucoup d'énergie à une saison et très peu lors de la saison suivante, ce qui nécessite globalement un échange avec les réseaux.

L'important au final est d'obtenir un bilan neutre à la fin de l'année, ce qui permet de n'avoir aucune énergie à acheter à tel ou tel prestataire, mais aussi et surtout d'avoir un bilan environnemental neutre.

La première question à se poser avant de mettre en œuvre un projet d'habitat neutre est : Pourquoi ce projet ? Les réponses viennent vite et donnent du courage pour la suite de la mise en œuvre :

- L'humanité a un impact très négatif sur l'environnement, la plupart des habitats ont un impact environnemental assez facile à repérer (réchauffement en ville dû à la pollution et aux chauffages, réchauffement climatique global dû aux gaz à effet de serre…)
- L'énergie devient de plus en plus chère, surtout l'énergie issue d'éléments fossiles, en effet les réserves sont toujours plus dures à trouver et chères à extraire, le baril de pétrole brut atteint des records à chaque cotation en bourse.
- D'ici 25 ans, 30 pour les plus optimistes, il faudra se passer du fuel, de l'essence, du gazole et même peut être du gaz, ces carburants mettant plusieurs millions d'années à se produire et les réserves étant vouées à disparaitre dans ce laps de temps. Cette disparition des énergies fossiles risque de faire monter en flèche le prix des autres carburants que sont le bois et le charbon.

Dans la mise en œuvre d'un projet d'habitat énergétiquement neutre, il y a différentes étapes à respecter :

- Effectuer des choix structurels pour la construction (position sur le terrain, position des pièces dans l'habitation, matériaux, isolation…)
- Repérer les énergies renouvelables présentes sur le terrain et la capacité à les utiliser à moindre coût (Solaire, géothermie, air…)
- Choisir l'équipement climatique (chauffage, eau chaude sanitaire…)
- Choisir et mettre en place l'équipement intérieur.
- Déterminer des préconisations d'emploi à destination des utilisateurs.

Conception : Distribution des pièces

L'idéal dans un projet de maison neutre est de profiter au maximum des énergies fournies par le milieu extérieur et ne nécessitant pas d'équipements pour les récolter, la principale énergie « récupérable » est l'énergie solaire. Quel que soit le lieu d'habitation en France, la méthode à utiliser est la même, il faut maximiser l'énergie reçue par la maison de manière passive. Pour ce faire, il faut rechercher la meilleure position de la maison, ainsi que des pièces à l'intérieur de cette dernière afin d'avoir la maximum d'entrées d'énergie tout en en perdant le moins possible. Il faudra donc permettre, dans la mesure du possible une exposition sud ou sud-ouest aux pièces suivantes :

- Salon
- Salle à manger (si elle est utilisée le midi ou en début de soirée)
- Bureau
- Chambre des enfants
- Salle de jeux

Par contre, d'autres pièces sont préférablement installées face au nord ou au nord-est :

- Chambres (pour leur utilisation essentiellement nocturne, l'énergie solaire de la journée ne serait que de peu d'intérêt)
- Cuisine (Cette pièce produit déjà beaucoup de chaleur, inutile d'en rajouter et de risquer de devoir installer une climatisation pour la saison chaude)
- Garage
- Dégagements
- Buanderie

Bien sûr, ces paramètres peuvent être modifiés en fonction de l'utilisation de chaque partie de la maison par les futurs occupants, par exemple une salle à manger utilisée uniquement pour les repas de fête ne sera pas nécessairement installée au sud mais pourra bénéficier d'une exposition ouest, ce qui évitera une grosse dépense de chauffage pour une pièce inoccupée.

Il est indispensable lors de la conception d'éviter les zones peu ou non chauffées entre deux zones à température plus élevée, il est donc préférable d'éviter par exemple d'avoir un garage dont la porte entre de façon directe sur le salon. Les dégagements sont aussi à éviter au maximum, d'une part ce sont des zones d'échange thermique important (un dégagement se comporte comme un tube caloporteur) et d'autre part, il faudra les chauffer un minimum pour éviter l'apparition de zones humides, chauffage dont l'énergie sera dépensée en pure perte puisqu'elle ne servira au confort d'aucun des occupants. Au lieu de ces zones à forte consommation d'énergie, il est préférable d'installer des vestibules de distribution de faible volume ou au contraire un couloir qui soit une véritable continuité du salon.

Un intérêt tout particulier doit être apporté aux entrées, si celle-ci doit se faire dans une pièce à haute température, il est préférable d'installer doit une double porte (technique fréquemment utilisée dans les pays nordiques ou du nord de l'Amérique) ou un sas (avec tous les risques pour la maniabilité des meubles que cela pose). Il est possible aussi d'opter pour une solution d'entrée

double, une porte donnant sur une entrée avec une double porte pour l'hiver et une porte fenêtre pour l'été. Dans le cas présent, la porte pourrait être installée côté sud et la porte fenêtre à l'est, ceci afin de ne pas chauffer ou refroidir l'espace intérieur inutilement.

Attention à prévoir un calcul des masques, c'est-à-dire de limiter au maximum la part de rayonnement solaire masqué par un autre bâti. Il est préférable d'avoir un accès direct au Soleil au niveau des façades ouest et sud ainsi qu'au niveau du toit.

S'il existe un mur particulièrement soumis aux conditions extérieures (vent, arrivée de froid due aux autres bâtiments, air chaud en été), il est préférable de disposer sur cette façade uniquement des pièces ayant un plus faible écart thermique avec l'extérieur (garage…).

Conception : Choix des matériaux

Le choix des matériaux est la première étape principale de la conception d'une maison énergétiquement neutre. Il faut prendre en compte de nombreux paramètres afin de faire le choix le plus approprié pour la construction que l'on désire réaliser. D'un point de vue général, il est préférable en terme financier et de gain d'espace intérieur de privilégier des matériaux naturellement isolants plutôt que d'isoler une maison très conductrice de l'énergie thermique.

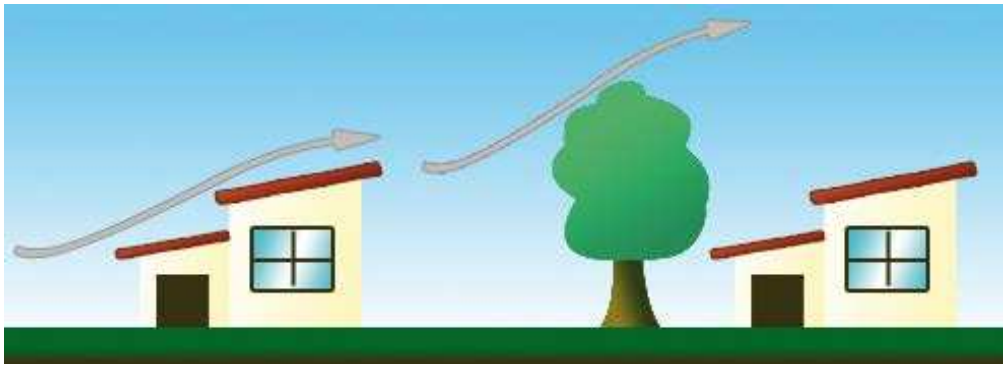
Résistance Thermique, principe de base.

Les matériaux ne réagissent pas tous de la même manière face à une différence de température. Si certains matériaux se comportent en parfaits isolants, d'autres au contraire laissent transiter la chaleur d'un côté à l'autre. Pour chaque matériau, il existe une résistance thermique qui est l'indice permettant de calculer les pertes. La résistance se calcule comme suite : $R = e/(\lambda * S)$ avec :

- R= Résistance thermique
- E = Epaisseur du matériau
- Λ=Coefficient de conductivité du matériau
- S = Surface de matériau

Cette résistance thermique n'est pas simple à utiliser dans les calculs, nous utiliserons donc son inverse qui est la perte énergétique.

Utilisation de murs naturels



Le vent est vecteur de nombreuses pertes énergétiques car il apporte de l'air neuf autour du logement en permanence, ce qui favorise les échanges thermiques avec le milieu extérieur. Il est préférable donc de limiter l'impact du vent en installant des arbres sur le trajet du vent dominant.

Utilisation du rayonnement réfléchi

Il est intéressant de récupérer le rayonnement ou du moins une partie du rayonnement arrivant autour de la maison. Aux abords immédiats, un sol de couleur claire permettra à une partie des rayons solaires de pouvoir rentrer par les ouvertures ou du moins de chauffer la face extérieure des murs.

Murs

La résistance thermique minimale nécessaire pour obtenir de bons résultats et 4 m²/W.K soit 0,25 W/m².K de pertes. Afin d'obtenir ce résultat sans avoir à ajouter d'isolant complémentaire (gain de place et limitation de l'humidité dans les murs, et surtout, absence de pont thermique), il faut donc utiliser l'un des matériaux suivants selon une épaisseur déterminée.

Matériau	R en couche simple	Epaisseur minimale
Parpaing	0.19	21 couches
Brique monomur	2,87	2 couches
Béton cellulaire (37,5)	3,13	2 couches
Brique à isolation intégrée	5	1 couche (Et nous serons au delà de la préconisation)
Ossature bois Knauf	7,70	1 couche (Bien au-delà de la préconisation)
Modules constructifs PSE (Polystyrène expansé haute densité + béton) largeur 45cm	8,20	1 couche

Pour la mise en œuvre des murs, on veillera à respecter des couleurs de peinture / crépis afin de permettre une meilleure utilisation de l'énergie solaire pouvant chauffer naturellement les murs :

- Blanc pour les zones PACA, Corse, Sud-ouest
- Ton pierre, ocre, beige… pour les autres zones

Au niveau du parement, il est préférable d'utiliser du crépi qui laissera l'humidité du mur s'évacuer vers l'extérieur et d'éviter les parts escarpées, saillies, décrochements et éléments de prise au vent importante car ils se comportent comme des ailettes faisant tourbillonner le vent et augmentant les échanges thermiques avec l'extérieur.

Toit

La toiture ne peut isoler directement, surtout en sachant que nous utilisons des panneaux solaires photovoltaïques en lieu et place de tuiles. Il est donc important d'apporter une isolation supplémentaire. Etant donné que par convection, la chaleur va stagner naturellement au niveau des plafonds, cette interface intérieur/extérieur est la plus importante. Les préconisations de l'ADEME demandent l'installation d'isolation afin d'obtenir une résistance supérieure à 5,5. Afin d'obtenir l'effet voulu, nous utiliserons une résistance thermique de 8 m²K/W

Isolant	Epaisseur minimale
Laine de verre	32 cm
Laine de roche	32 cm
Verre cellulaire	40 cm
Liège expansé	36 cm
Flocons de cellulose	32 cm
Panneaux de cellulose	32 cm
Panneaux de bois feutré	34 cm
Laine de bois (Rigide)	30 cm
Laine de chanvre	36 cm
Laine de lin	30 cm
Laine de mouton	32 cm
Plume de canard	36 cm
Fibre de coco	36 cm
Polystyrène expansé TH38	30 cm

Les tubes de VMC, éventuellement de chauffage et de circulation de chauffe eau electrosolaire doivent être installés entre l'isolant et le plafond afin de limiter les pertes énergétiques de ces circulations d'énergie.

Le toit devra avoir une inclinaison de 40°, c'est l'inclinaison qui donne les meilleurs résultats tant en terme d'entrainement de la poussière par les eaux de ruissellement qu'en terme d'inclinaison des rayons solaires pour obtenir les meilleurs résultats avec les cellules photovoltaïques.

Dalles

Il n'existe quasiment aucun isolant de bonne qualité pour isoler la dalle, pourtant cette isolation est indispensable, surtout pour utiliser du plancher chauffant. Idéalement, il faudrait une résistance thermique de 4.

La seule solution viable que j'ai trouvée actuellement est d'isoler sous la dalle avec une couche de polyuréthane extrudé de 8 cm avec 10 cm de chape liquide dessus. De cette manière, on obtient une résistance R = 4,21 m².K/W

Conception : Choix des portes et fenêtres

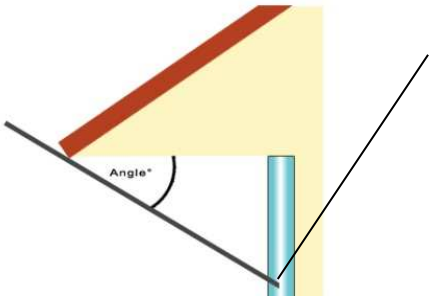
Dans une maison à faible consommation d'énergie, il est important d'avoir une surface vitrée importante car c'est elle qui est le point d'entrée de l'énergie naturelle offerte par le terrain, en effet, les murs absorbent plus de 98% des rayonnements solaires, surtout si l'on fait le choix de murs en matériaux très isolants. Cependant, augmenter la surface vitrée ne se fait pas sans risque de pertes énergétiques lors des périodes de faible ensoleillement et d'apport trop important lors de la période estivale, surtout dans les zones à fort ensoleillement. Il existe cependant quelques règles simples à mettre en œuvre et permettant de limiter ou d'éliminer les problèmes indiqués ci-dessus.

En premier lieu, il faut calculer la surface minimum vitrée pour que l'éclairage naturel suffise à obtenir une luminosité confortable à l'intérieur. Cette surface doit représenter 20% de la surface au sol en sachant que si la pièce est rectangulaire, la surface vitrée doit se situer sur le grand côté du rectangle afin d'éviter les zones sombres. Au cas où il faille absolument installer les fenêtres sur le petit côté du rectangle, la surface vitrée devra atteindre 25% dans les zones H2 et H3 et 28% dans les zones H1. Attention lors du choix des fenêtres, la surface vitrée ne représente que 70 à 80% de la surface de la fenêtre.

Ensuite vient le choix des fenêtres à proprement parler, le simple vitrage est bien sûr à proscrire, de même que les fenêtres avec un second vitrage rajouté sur le premier. Il est préférable de choisir des structures PVC ou bois car les structures aluminium, certes plus solides et résistantes dans le temps, sont plus conductrices énergétiquement et provoquent donc des pertes énergétiques. Cependant, certaines structures aluminium contiennent des couches isolantes permettant d'obtenir des résultats identiques qu'avec une structure bois ou PVC, pour les reconnaitre, c'est très simple, elles sont labélisées Acotherm. La règlementation actuelle prévoit des vitres à double vitrage mais ce n'est pas suffisant si l'on veut obtenir une perte d'énergie minimum. L'idéal est de choisir des vitres avec une lame d'argon ou autre gaz inerte entre les deux vitres et des vitres de 6mm au minimum ou mieux encore, des vitres ITR ou VIR dont les surfaces intérieures des vitres sont recouvertes de couches métalliques. Il est possible d'aller plus loin en sélectionnant des ouvertures en fonction de leur pouvoir isolant. Ce dernier est donné en W/m².K (C'est-à-dire le nombre de Kilowatts « dépensés » par l'ouverture par m² d'ouverture et par différence de température entre l'extérieur et l'intérieur, cette dernière donnée est affichée en Kelvin mais puisqu'il s'agit d'une différence de température dont il s'agit, on peut aussi trouver cette donnée en W/m².°C, les deux valeurs étant identiques). Vu que ce « pouvoir isolant » est indiqué en énergie perdue, il doit être le plus bas

possible. Il fait être particulièrement attentif sur le fait que d'une part il existe actuellement deux normes acceptées pour le calcul, le Ug qui est le pouvoir isolant de la vitre uniquement et le Uw qui concerne l'ouverture complète (vitres, structure, profilé, joints…). Une valeur idéale se situe aux alentours de Uw = 0,75 à 0,85W/m².K mais lorsque l'habitation est située dans une zone où la différence de température intérieur/extérieur est faible, on peut par mesure d'économie se limiter à une valeur proche de 0,95, ne jamais dépasser 1W/m².K.

Dernière chose à prendre en compte, l'installation des fenêtres, chose importante puisque c'est à ce niveau que l'on va pouvoir « sélectionner » les rayonnements entrants, pour ne conserver que ceux entrants durant les périodes froides. Il faut pour réaliser cette sélection réaliser une avancée de toit ou installer une « casquette » au-dessus de la fenêtre permettant aux rayons très inclinés de l'hiver d'entrer directement alors que les rayons moins inclinés seront bloqués par la « casquette ». Pour calculer la taille d'avancée à réaliser, il suffit de suivre la figure ci-dessous :



Angle d'Inclinaison minimale des rayons pour entrer.

Compter 25° environ au nord de la Loire et 28° au sud de la Loire. (Il est possible de pousser jusque 30° pour le midi)

La taille de la casquette est égale à :

Taille casquette = Tangente de l'angle d'inclinaison désiré * distance entre le haut de la partie vitrée et la casquette

Il est possible de remplacer la « casquette » par une avancée de toit, un petit auvent ou encore des stores opaques motorisé (dans ce cas, prévoir un automatisme pour les rentrer automatiquement dès qu'il y a du vent ou que le Soleil devient moins présent, ce qui maximisera la luminosité).

Conception : VMC

La ventilation mécanique est indispensable pour renouveler l'air dans l'habitat. Cependant, sa fonction d'assainissement ne doit pas faire oublier qu'elle est un gouffre énergétique. Il existe plusieurs types de VMC avec des performances très variables. La VMC n'étant pas un élément constitutif passif, il est impossible de calculer une résistance thermique, on parle alors de rendement, son calcul étant assez simple : $R = \frac{Energie\ restituée\ au\ volume\ ventillé}{Energie\ aspirée\ par\ la\ ventilation}$. Il ne faut pas oublier qu'en fonction de l'appareil choisi, il y a une dépense énergétique de 25 à 40W pour la circulation de l'air. Les différences VMC utilisables dans l'habitat sont les suivantes :

Ventilation simple flux

Il s'agit du système « classique », c'est-à-dire une ventilation motorisée aspire l'air vicié dans les pièces humides (WC, cuisine, salle de bains) et met ainsi l'habitation dans une situation de dépression. De l'air extérieur entre par les fenêtres des pièces à vivre, apportant de l'air neuf. Cette ventilation a fait ses preuves mais au un rendement thermique horrible car proche de 0 (l'air humide et chaud est remplacé par de l'air extérieur froid en hiver et chaud en été). Ce système est donc à éviter.

Ventilation double flux

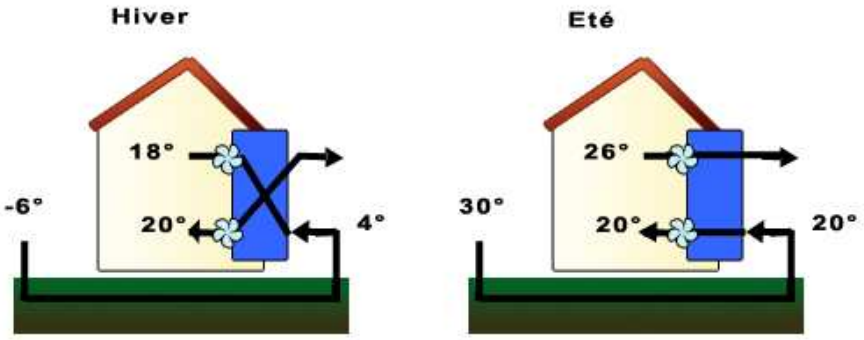
La ventilation double flux est composée d'un moteur entraînant deux turbines, l'une pour faire entrer de l'air de l'extérieur et l'autre pour faire sortir l'air vicié. Des bouches sont alors installées dans toutes les pièces, en aspiration pour la cuisine, salle de bains, WC et en pulsion pour les chambres, salons, bureaux. Ce système n'a pas un rendement thermique plus intéressant mais il est possible de l'améliorer un peu en faisant passer les gaines de ventilation entrante à côté des tubes de pompe à chaleur par exemple mais le rendement reste faible (entre 15 et 20%).

Ventilation double flux à échangeur thermique

Même si cette technique n'existe pas officiellement, elle est facile à réaliser à partir de pièces existantes. Il suffit de créer un échangeur thermique air/air à partir d'une caisse isolante (bois recouvert d'isolant par exemple) et de faire circuler librement l'air aspiré dedans. L'air pulsé quand à lui transite dans cet échangeur à l'intérieur d'un tube en inox ou mieux, en cuivre afin de ne pas se mélanger à l'air extrait. De cette manière, le rendement augmente légèrement pour atteindre 45 à 55%.

Ventilation double flux à échangeur thermique, régulation et puits canadien

Le principe de cette ventilation reprend celui de la ventilation double flux à échangeur thermique et l'améliore pour optimiser le fonctionnement de l'échangeur et ainsi améliorer le rendement. Afin d'optimiser les résultats de l'échangeur, il est préférable que les températures air entrant/ air sortant ne soient pas trop éloignées. Pour ce faire, on utilisera la capacité de régulation naturelle du sol. Le puits canadien est un tube de section identique à celui de la VMC et long de plusieurs mètres, installé au moins 40 cm sous la surface de la terre, à cet endroit la température a une amplitude bien moindre qu'à la surface. Le montage ci-dessous permet d'obtenir un rendement proche de 80% aussi bien en hiver qu'en été. En été l'échangeur thermique n'est pas utilisé (grâce à un jeu d'électrovannes ou en installant deux moteurs distincts pour la ventilation été et hiver) et ce afin de ne pas réchauffer l'air frais venant du puits canadien. Pour éviter tout oubli ou mauvaise manipulation, il est possible de réguler les électrovannes ou les moteurs distincts grâce à un simple thermostat d'ambiance.



Installation de la VMC

La première étape dans l'installation de la VMC est le choix du matériel, les circulateurs de fluide air sont pour la plupart équivalents en termes de consommation. Il faudra cependant prévoir un appareil relativement silencieux pour l'entrée d'air car l'air entrant est un bon conducteur du bruit produit par le moteur ou les pales. En termes de volume d'air échangé, celui-ci doit permettre de remplacer la totalité de l'air ambiant de la maison en 4 heures et le volume d'air entrant doit bien sûr être égal au volume sortant.

Les systèmes à double flux et échangeur ou double flux, échangeur et puits canadien vont produire un air à pulser dont la température est proche de la température intérieure, il est donc intéressant de maintenir cette température. Les tube de VMC devront donc éviter autant que possible d'être en contact avec le milieu extérieur, il est possible de les installer entre l'isolation et le plafond ou encore à l'intérieur de certaines cloisons, de cette manière, il n'y aura pas de perte de rendement par pertes d'énergie en faveur du milieu extérieur.

Puisqu'il n'y a plus de dépression dans l'habitation, il est nécessaire d'installer les bouches d'entrée de VMC et de sortie de manière à bien renouveler la totalité de l'air sans avoir à utiliser une vitesse de circulation d'air importante, ce qui provoquerai des nuisances sonores pour les usagers. L'idéal est alors d'installer les bouches d'entrée et de sortie de plus loin possible de la porte de chaque pièce, sauf pour la cuisine pour laquelle il faut composer avec la hotte aspirante (dont la chaleur peut être récupérée en hiver, ne pas hésiter à faire passer le tube d'extraction « cuisine » à proximité immédiate, voire fixé sur le tube d'évacuation de la hotte afin de pouvoir récupérer ses calories en hiver et les réinjecter dans l'air entrant via l'échangeur. En été, l'air extrait étant rejeté directement à l'extérieur, ce surplus d'air chaud ne sera pas un problème.).

Au niveau des bouches, des bouches « simples » suffisent pour l'entrée d'air, pour la sortie d'air, des bouches hydro-régulantes permettent d'optimiser la ventilation sans intervention humaine. Les ouvertures (fenêtres et portes) ne doivent pas avoir d'entrée d'air intégrée (si c'est le cas, il est possible de les boucher avec une ligne de mastic silicone)

Installation du puits canadien

Le puits canadien doit être installé en suivant des préconisations précises sous peine de ne pas fonctionner correctement voire de poser des problèmes ultérieurs d'hygiène.

1. Choisir la section de tube : Le ou les tubes du puits canadien doivent pouvoir fournir au moins 15% de plus d'air que ce que la VMC fait circuler dans la maison. L'efficacité du système dépend de la longueur de tube, de la vitesse de l'air à l'intérieur du tube et du diamètre de ce dernier. A la vue des courbes ci-dessous, l'idéal est d'utiliser un tube de 200 mm avec une vitesse d'air de 0,7m/s, ce qui permet de n'utiliser des tubes que de 12 mètres pour obtenir un rendement de 70% suffisant pour ce genre d'installation.